

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Singkatnya dapat dikatakan pasta bahwa semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (kerikil, basalt, dll). Sifat-sifat beton pada suhu tinggi dipengaruhi dalam batas tertentu oleh jenis agregat.

Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1)

Menurut Jack C. McCormac (2009) Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan.

2.2 Beton Normal

Ditinjau dari berat isi beton, beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg /m³ yang menggunakan agregat alam yang di pecah atau tanpa di pecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (SNI 03-2834-1993).

Bila di tinjau dari kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (berdasarkan benda uji berbentuk silinder diameter 150mm dan tinggi 300mm).

2.3 Meterial Penyusun Beton

a. Semen

Semen yang biasa digunakan pada campuran beton atau disebut juga semen portland adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksida besi, dan oksida lain. Jika bubuk tersebut dicampur dengan air, dalam beberapa waktu dapat menjadi keras. Campuran semen dengan air disebut dengan pasta semen. Jika pasta semen dicampur dengan pasir, maka dinamakan mortar semen. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan semen adalah batuan alam yang mengandung oksida-oksida kalsium, alumina, silica dan besi. Adapun Bahan baku utama yaitu :

1. Batu kapur (Lime Stone)

Calcium carbonate (CaCO_3) berasal dari pembekuan geologis yang pada umumnya dapat dipakai untuk pembuatan semen Portland sebagai sumber senyawa kapur (CaO)

2. Tanah liat (lay)

Tanah liat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan bahan baku semen yang mempunyai sumber utama senyawa silika, senyawa alumina, dan senyawa besi. semua senyawa untuk semen terdapat dalam kapur dan tanah liat, tetapi tidak semua batu kapur dan tanah liat memiliki komposisi kimia yang memenuhi untuk membuat semen dengan kualitas semen yang diinginkan. Oleh karena itu, pada proses pembuatan semen bahan baku utama tersebut biasanya ditambah dengan bahan lain sebagai koreksi bahan kimia yang kurang, yaitu berupa pasir besi dan pasir silika. Senyawa kimia yang terdapat dalam bahan baku dan yang diperlukan adalah oksida kalsium (CaO), Oksida Silisium (SiO_2), Oksida aluminium (Al_2O_3 dan Oksida Besi (Fe_2O_3). Di samping senyawa tersebut, terdapat juga senyawa-senyawa lain yang

keberadaannya tidak diinginkan dan harus di balasi, seperti Magnesium Oksida (MgO), Alkali, Klorida, Sulfur, dan Fosfor.

- Oksida Silisium (SiO₂)
Merupakan komponen yang terbesar jumlahnya, dan akan bereaksi dengan oksida silikat, alumunium silikat, alumina, dan oksida besi dan membentuk senyawa mineral potensial penyusun semen.
- Oksida silikat/silium (SiO₂)
Oksida silikat merupakan oksida komponen terbesar kedua setelah oksida kalsium. Oksida ini juga sangat menentukan dalam pembentukan mineral potensial. Oksida silikat diperoleh dari penguraian dan komposisi mineral-mineral monmoriloit, kaolioit, ataupun ilit yang berasal dari tanah liat. Disamping itu, oksida silikat dapat juga diperoleh dari batuan pasir silica (Silca Sand)
- Oksida aluminium/alumina (Al₂O₃)
Oksida almina bersama oksida kalsium membentuk oksida kalsium aluminat (C₃A). Oksida aluminium bersama dengan oksida besi dan oksida kalsium dalam pembakaran kiln akan membentuk senyawa kalsium alumina cerrit (C₄AF)
- Oksida besi (Cerrit) (Fe₂O₃)
Oksida besi bersama oksida kalsium dan aluminium pada proses pembakaran di kiln akan bereaksi membentuk senywa kalsium alumina cerrit (C₄AF).
- Oksida Magnesium (MgO)
Oksida Magnesium dapat merugikan kualitas semen dan menurunkan kualitas semen. Kadar MgO bebas dalam semen dibatasi tinggi 2 % dan akan bereaksi dengan air.
$$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$$

Reaksi ini berlangsung sangat lambat. Sedangkan proses pengerasan semen sudah selesai dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menempati ruangan yang lebih besar dari MgO dan hal ini akan menyebabkan pecahnya ikatan pasta semen yang sudah mengeras hingga menimbulkan keretakan pada hasil penyemenan. Adapun type semen yaitu :

1. Semen Portland Type I

Fungsi semen portland type I digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0, 0% – 0, 10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, perkerasan jalan.

2. Semen PortLand type II

Fungsi semen portland type II digunakan untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (Pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0, 10 – 0, 20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan dibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam.

3. Semen Portland type III

Fungsi semen portland type III digunakan untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, bangunan-bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.

4. Semen Portland type IV

Fungsi Semen Portland type IV digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat

kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton massif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperature akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan factor kritis.

5. Semen Portland type V

Fungsi semen *portland type V* dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan padat tanah atau air yang mengandung sulfat melebihi 0, 20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

6. Super Masonry Cement

Semen ini dapat digunakan untuk konstruksi perumahan gedung, jalan dan irigasi yang struktur betonnya maksimal K 225. Dapat juga digunakan untuk bahan baku pembuatan genteng beton, *hollow brick*, *Paving Block*, tegel dan bahan bangunan lainnya.

b. Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan konstruksi bangunan. Pada konstruksi beton air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga dapat menjadi perekat dengan material lainnya. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Menurut SNI-03-2847-2002 tentang air yang dapat digunakan pada campuran beton harus bersih dari bahan – bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan. Air yang tidak

dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut ini terpenuhi :

- 1) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber daya yang sama.
- 2) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, kecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50mm)” (ASTM C 109).

c. Agregat

Agregat umumnya menempati 70-80% dari isi beton total. Karena itu, meskipun agregat tidak ikut bereaksi dengan pasta semen, agregat mempunyai pengaruh penting pada sifat-sifat beton segar maupun beton-beton keras. Agregat merupakan bahan berbutir yang umumnya berasal dari batu alam bentuk batu pecah atau koral dan pasir.

Dalam SNI T-15-1991-03 agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

- 1) Agregat halus diameter 0-5 mm disebut pasir, yang dapat dibedakan lagi menjadi:
 - (a) Pasir halus: diameter 0-1 mm
 - (b) Pasir kasar: diameter 1-5 mm

- 2) Agregat kasar diameter ≥ 5 mm, biasanya berukuran antara 5 hingga 40 mm, disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi “alami” batuan atau hasil dari industri pemecah batu.
- 3) Agregat kasar

Agregat disebut agregat kasar jika butiran ukurannya sudah melebihi 4,75 mm (No.4 ASTM Sieve). Dalam merancang proporsi campuran beton, agregat kasar perlu diperhatikan secara khusus karena agregat kasar sangat mempengaruhi sifat mekanis beton dibandingkan dengan material lainnya, agregat kasar menempati volume terbesar di dalam beton. Oleh karena itu, agregat kasar yang digunakan harus cukup keras, bebas dari retakan, bersih dan permukaan tidak tertutup lapisan.

Sifat-sifat fisik agregat kasar juga mempengaruhi karakteristik lekatan antara agregat dan mortar serta kebutuhan air pencampur. Lekatan yang lebih kuat dihasilkan bila luas permukaan material semakin luas dan heterogen

Pemeriksaan karakteristik agregat kasar [ASTM, 1993], yaitu:

- Gradasi (ASTM C33-92a)
- *Specific gravity dan absorpsi* (ASTM, C127-88)
- *Unit weight* (ASTM, C92-91a)
- Kadar air (ASTM, C566-89)

- 4) Agregat Halus

Agregat disebut agregat halus jika butirannya kurang dari sama dengan 4,75mm (No.4 ASTM, Sieve) seperti halnya agregat kasar, bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat halus sangat mempengaruhi kebutuhan permukaan air dan sifat-sifat mekanik beton. Pemeriksaan karakteristik agregat halus [ASTM, 1993], :

- Gradasi (ASTM C33-92a)
- *Specific gravity dan absorpsi* (ASTM, C127-88)
- *Unit weight* (ASTM, C92-91a)
- Kadar air (ASTM, C566-89)

- *Finess Modulus* (ASTM C33-92a)

2.4 Batu Kapur

Batu kapur atau batu gamping terbentuk melalui proses pengendapan cangkang siput, foraminifera atau ganggang atau berasal dari kerangka binatang koral/kerang. Mineral carbonat yang terdapat pada batu kapur umumnya berjenis aragonit (CaCO_3) yang merupakan mineral metastable karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit. Mineral lainnya yang biasa ditemukan pada batu kapur adalah Siderit (FeCO_3), Ankererit ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$) dan Magnesit (MgCO_3).

Secara umum bentuk fisik dari batu kapur itu sendiri dapat dideskripsikan sebagai berikut :

- 1) Berwarna putih, putih kecoklatan dan putih keabuan
- 2) Kilap kaca dan tanah
- 3) Terdapat goresan putih
- 4) Bidang belahan yang tidak teratur
- 5) Secara umum keras, kompak dan sebagian berongga.
- 6) Nilai kekerasan berdasarkan jenisnya

Tabel 2.1 nilai kekerasan batu kapur

Kalsit	Aragonit	Dolomit	Magnesit
Mohs 3	Mohs 3,5 - 4	Mohs 3,5 - 4	Mohs 3,5 – 4,5

(sumber : *Bahan Bangunan 2 Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2008*)

Kegunaan batu kapur pada umumnya cukup banyak, namun yang sering dipakai untuk bahan bangunan ialah sebagai berikut :

- 1) sebagai perekat mortar, plesteran, hamparan aspal, stabilisasitanah/jalan dan industri batu kapur pasir.
- 2) sebagai agregat beton dan batu bangunan/pondasi.
- 3) untuk netralisasi pada destilasi kayu, penjernih air kotor
- 4) bahan pelebur dalam baja (*open heart*) dan pembuatan keramik

Pemilihan material batu kapur didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang membuktikan bahwa penggunaan batu alam dapat menjadi alternatif agregat kasar pada campuran beton normal. Kuat tekan beton dengan menggunakan batuan kapur sebagai agregat kasar lebih tinggi dari persyaratan yang dimiliki beton kelas II (Sujatmiko, 2008). Selain itu, menurut Zuraidah (2006) batu kapur yang digunakan pada beton menghasilkan kualitas yang masih berada pada mutu beton kelas II.

Pada penelitian ini diharapkan penggunaan batu kapur Baturaja sebagai alternatif agregat kasar dapat meningkatkan mutu beton dengan kuat tekan yang dihasilkan lebih besar dari beberapa penelitian terdahulu.

2.5 *Workability*

Segala aspek yang berhubungan dengan beton segar dan peranan dari pada saat pemilihan material penyusun hingga sampai *finishing* disebut dengan *workability*.

Workability beton dapat didefinisikan sebagai cara mudah dimana beton dapat dipindahkan dari mixer hingga struktur yang akan dibebankan kepada campuran beton tersebut. *Workability* ini merepresentasikan sebagai kemampuan beton untuk dicampur, dipindahkan, dan sebagainya dengan kehilangan sifat homogenitasnya (menyatunya campuran semua material yang menyusun beton tersebut) secara minimum.

Workability biasa dibagi menjadi tiga karakteristik *independen* yang umum digunakan, yaitu:

- 1.) *Consistency*, *workability* tergantung dari komposisi penyusun beton segar tersebut, karakter fisik dari campuran semen dan agregat.
 - 2.) *Mobility*, peralatan untuk pencampuran (*mixing*), perpindahan tempat (*transporting*) dan pemadatan (*compacting*); ukuran dan jarak dari perkerasan beton.
 - 3.) *Compactibility*, besar serta bentuk dari struktur yang menjadi beban.
- Untuk kemudahan pekerjaan (*workability*) yang baik maka diperlukan porsi semen yang tinggi, jumlah material bermutu yang cukup, sedikitnya

agregat bertipe *coarse*, dan jumlah air yang tinggi. Komposisi partikel yang seimbang sangat dibutuhkan untuk mendapatkan sifat plastis dalam campuran beton.

2.6 *Slump*

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. *Slump* beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Slump* beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak.

Pengukuran *slump* harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata-rata. Berdasarkan *ACICommittee* 211, nilai *slump* untuk berbagai macam struktur adalah seperti terlihat pada tabel 2.2:

Tabel 2.2 Nilai *Slump*

Jenis konstruksi	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding pelat dan pondasi	75	25
Balok dan dinding beton	100	25
Kolom	100	25
Perkerasan jalan dan lantai beton	75	25
Beton massa	50	25

(Sumber: *ACI committee 211*)

2.7 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun didalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 umur 28 hari.

Beton baik dalam menahan tegangan tekan daripada jenis tegangan yang lain dan umumnya pada perencanaan struktur beton memanfaatkan sifat ini. Faktor –faktor yang mempengaruhi kekuatan beton ada 4, yaitu material masing-masing, cara pembuatan, cara perawatan dan kondisi tes. Adapun faktor yang mempengaruhi beton dari material penyusun nya adalah faktor air semen, porositas dan faktor instrinsik lainnya.

Pengujian kuat tekan berdasarkan ASTM C29 dengan benda uji berupa kubus ataupun silinder akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran karena pola keruntuhan masing-masing bentuk berbeda

$$f_c' = \left(0.76 + 0.21 \log \left(\frac{f_{ck}}{15} \right) \right) f_{ck} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana : f_c' adalah kuat tekan silinder (MPa)

f_{ck} adalah kuat tekan kubus (MPa)

Kecepatan pembebanan :

Makin lambat benda uji dibebani maka akan didapat kekuatan yang lebih tinggi karena adanya *creep* (Nugraha dan Antoni, 2007).

2.8 Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Berdasarkan SNI 03-2834-2000

Tata cara ini meliputi persyaratan umum dan persyaratan teknis perencanaan proporsi campuran beton untuk digunakan sebagai salah satu acuan bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton. Adapun persyaratan tersebut adalah :

1. Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:
 - a. kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen)
 - b. keawetan, kuat tekan dan ekonomis.
2. Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah.
3. Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton.
4. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.
5. Pemilihan proporsi campuran beton harus dilaksanakan sebagai berikut:
 - a. rencana campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan factor air semen;
 - b. untuk beton dengan nilai f_c' lebih dari 20 MPa proporsi campuran coba serta pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan berat bahan;
 - c. untuk beton dengan nilai f_c' hingga 20 MPa pelaksanaan produksinya boleh menggunakan perbandingan volume. Perbandingan volume bahan ini harus didasarkan pada perencanaan proporsi campuran dalam berat yang dikonversikan ke dalam volume melalui berat isi rata-rata antara gembur dan padat dari masing-masing bahan.